中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）40(3)：315～332（1991）

水稻地區性與期作性產量及生理性狀之主成分分析與品種分類[1]

蔡　金　川[2]

摘要：水稻秈稉型各15個品種種植於臺北及臺中地區，以產量，產量構成要素及生理性狀等14個性狀進行主成分分析法，作有關性狀之歸類成幾個主成分。試驗之目的，利用主成分分析法，探討主成分之生物學的意義，並把品種區分為品種群，以便選拔育種材料，增進品種改良的效果。

各主成分之生物學的意義歸納如下：

第1主成分：有關同化及轉流之乾物質生產文章之主成分，固有值（Eigen value）皆大於33%，對於所有品種之特性具有重要之變異成分。

第2主成分：關於劍葉長度，劍葉角度之葉片構造及結實率，直立型之葉片有利於光之照射及乾物質生產利用效率，因此對產量具有重要之決定性。

第3主成分：有關1株穗數及1穗穎花數大小之主成分，即1株穗數多而1穗穎花數少之品種，另外為1株穗數少而1穗穎花數多之品種。

第4主成分：這主成分與葉片之氮素濃度有關，但其生物學意義之解釋還困難。

由第 1 及第 2 主成分之特性（生理性狀，產量及產量構成要素）作品種分類，稉型品種不論地區及期作區分為6個品種群。而秈型品種，臺北地區兩期作皆為7個品種群，臺中地區第1及第2期作各分為4與6個品種群。這顯示水稻品種群之分佈因地區、期作及秈稉型而有差異。

另外臺農67號、臺東29號、臺中秈10號及嘉農秈11號為高產品種，並且在大部份情況下屬於相同品種群。這些品種具有較大的作物生長速率（CGR）、葉面積持續期（LAD）積及總乾物重。

關鍵詞：同化，轉流，葉面積指數，葉面積持續期，作物生長速率，淨同化率。

臺灣水稻栽培面積為476,552公頃，第一、二期作分別為243,215公頃及233,337公頃，兩期作之栽培面積相近。但第二期作每公頃收穫之粗米為3,247公斤比第一期作之4,566公斤／公頃為低，即第二期作每公頃產量為第一期作百分之七十一左右（臺灣省糧食局78年第二期稻米生產量調查統計報告提要）。這可歸於環境條件、品種要因及栽培管理之綜合差異所致。其中以氣象條件，特別是氣溫與日射量影響品種之產量最大。有關這問題以往已有不少之研究報告（李等(2)，邱等(3)，連等(5)，鄔等(6)，賴(7)，謝(9)）。

提高稻穀之產量，改善環境如氣象條件頗為不易。增產之對策，品種改良為根本又有效的方法，因此進行育種生態學之研究有其必要。本研究以秈稉型各15個品種，分別種植於臺北及臺中地區進行乾物質生產等生理性狀、產量及產量構成要素之調查，並作這些性狀之主成分分析及品種分類，從中選拔優良品種或親本，作為高產品種育成之育種材料。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1586 號。本報告承日本東京大學 Takeda Genkichi 教授指導，謹致謝意。
2. 本所農工系副研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

早期以主成分分析作低等生物與動物的變異研究較多，如龜類之自然集團的變異[22]，豬[28]、鼠[19]之遺傳變異，人類之體型變異[23]等，應用於高等植物的例子較少。

近期有望月[16,17]之玉米主成分分析研究，著重於育種及品種或系統間富有差異之性狀，如吐絲期、主稈葉數、稈長、穀粒重等。水稻方面，Morishima et al，[25]等以節間、葉角、葉長寬、穗長、穗數等，與株型或產量有關之性狀，作主成分分析並進行品種分類，目的在於遺傳的株型研究。最近由於稻作研究亦著重於稻米品質之提昇，西村等[14]用粘度之高低、粗蛋白質及Amylose含量等食米之理化特性作爲主成分分析。而本報告爲連續性之水稻育種生態學試驗研究當中之一部份，爲一年之試驗結果，而採取之14性狀皆爲與產量及乾物質生產有關之性狀，故以主成分分析法作爲品種分類依據。

材料與方法

本試驗以稉型及秈型各15個品種爲材料，各品種名稱如下：

稉型（Japonica type）

早熟品種（Early maturing varieties）—(1)臺中186（Taichung 186），(2)高雄選1號（Kaohsiung Sel 1），(3)豐錦（Toyonishiki）。

中熟品種（Medium maturing varieties）—(4)臺北309號（Taipei 309），(5)臺農62號（Tainung 62），(6)臺農67（Tainung 67），(7)嘉農242號（Chianung目242），(8)臺南5號（Tainan 5），(9)臺南6號（Tainan 6），(10)高雄139號（Kaohsuing 139）。

晚熟品種（Late maturing varieties）—(11)新竹56號（Hsinchu 56），(12)臺中65號（Taichung 65），(13)嘉南8號（Chianan 8），(14)高雄140號（Kaohsiung 140），(15)臺東29號（Taitung 29）。

秈型（Indica type）

早熟品種（Early maturing varieties）—(16)包葉菊（Pao-Yeh-Tzu），(17)矮脚南特（Ai-Chio-Nan-Te），(18)夾葉青8號（Chia-Yeh-Ching 8），(19)珍珠矮11號（Chen-Tzu-Ai 11），(20)南早32號（Nan-Tsao 22）。

中熟品種（Medium maturing varieties）—(21)新竹矮脚尖（Hsin-Chu-Ai-Chueh-Chien），(22)臺中在來1號（Taichung Native 1），(23)臺中秈2號（Tai-Chung Sen2），(24)臺中秈10號（Taichung Sen 10），(25)嘉農秈8號（Chianung Sen 8），(26)嘉農秈11號（Chianung Sen 11），(27)臺農秈12號（Chianung Sen 12），(28)高雄秈7號（Kaohsiung Sen7）。

晚熟品種（Late maturing varieties）—(29)臺中秈3號（Taichung Sen3），(30)嘉農秈6號（Chianung Sen 6）。

選擇這些品種乃基於比較適合於試驗地之栽培、生育及結實率良好，並爲推廣或實用之品種。第一、二期作同時於臺北地區（國立臺灣大學附屬試驗農場）與臺中地區（臺中縣霧峰鄉本所試驗農場）栽培試驗。第一期作之揷秧時間在臺北與臺中分別爲1981年3月10日及2月14日，第二期作各爲1980年8月4日及7月28日。移植時之行株距爲25×20cm，採多本植，小區面積爲8m²，重複三次，使用逢機完全區集設計。肥料（N：P_2O_5：K_2O）用量第一期作爲134：58：54kg/ha，第二期作爲122：45：51kg/ha；其他栽培管理依一般慣行法行之。

水稻生育期間於孕穗、抽穗、乳熟及糊熟四時期分別自田間採收三小區共十八叢之稻株，洗淨後立即摘取葉片，以自動測定儀測葉面積，並剪去根部後把樣品放在100°C下通風乾燥1～2小時後，再以80°C處理至完全乾燥秤量全乾物重，用全乾物重與葉面積以下列公式求作物生長速率（CGR）[27]，並求葉面積持續期（LAD）[29]。

$LAI = N \times LA$ （N：單位面積之株數，LA：1株的葉面積）

$$LAD=\frac{LAI2-LAI1}{InLAI2-InLAI1}\cdot(t2-t1)$$

$$CGR=\frac{W2-W1}{t2-t1}\qquad NAR=\frac{(W2-W1)(lnA2-lnA1)}{(t2-t1)(A2-A1)}$$

前後採樣時期分別爲 t1 與 t2 ，其個別時期所得之全乾物重各爲 W1 ， W2 ，葉面積各爲 A1，A2。

另外在抽穗期調查各品種之劍葉長，劍葉角度（葉片與垂直線形成之角度），於上午10點左右測定群落上面之入射光強度 Io，及群落內株間中央地面上5公分之光強度（I)，然後求其吸光係數(24)：K（light extinction coefficient$=-\frac{lnI/Io}{LAI}$）。並於成熟期測定產量及產量構成要素。

以上述調查之生理性狀、產量及產量構成要素等14個性狀，進行主成分分析。其詳細分析程序請參照 Anderson[18]及 Seal[26]之方法。

結　果

由表1a，b及表2a，b 知，兩地區（臺北、臺中）14個性狀相關係數之分佈範圍0.97～－0.92，(9)產量與(10)穗數(4)葉面積指數（LAI）(6)作物生長速率（CGR）(8)葉面積持續期（LAD）及(14)總乾物重之間皆呈正相關，後三者之乾物質生產性不論期作或地區皆呈現顯著性之正相關，而產量與 LAI 之關係，在臺中地區除了第一期作稉型品種之外，其他亦皆呈現顯著性之正相關，這地區之產量與 LAI 皆比臺北地區出現較密切之關係。而其他(2)劍葉長，(3)劍葉角度，(5)吸光係數（K）與(9)產量大部份呈現負相關，特別是臺中地區第二期作大部份呈現顯著性之負相關。

兩期作，兩地區及兩型（秈稉型）品種，第1主成分固有值（Eigen value）之範圍7.224（臺北，第二期作，稉型品種）～4.694（臺北，第一期作，稉型品種），則能表達14個性狀變異之51.60～33.53%（表3）。第1至第4主成分佔有全體變異之82.97～88.60%，這表示4個主成分能說明全體變異之82%以上，因此第5主成分以下可放棄不作說明。

表4顯示稉型品種第1至第4主成分大部份性狀具有70%以上之高度累計貢獻量（Cumulative contribution），秈型品種（列表省略）與此類似。第1主成分，首先關於稉型品種之性狀，如（6）CGR，（8）LAD，（9）產量及（14）總乾物重等，具有較大之正值，這些性狀於圖1之14性狀第一、二主成分之固有向量（Z1，Z2）關係圖裡，分佈於Z1座標軸之右側，正之點線範圍內。品種方面之 Score 分佈圖，具有如此性狀〔(6)CGR，(8)LAD，(9)產量及(14)總乾物重〕較大值之品種，其第1主成分之 Score 爲較大之正值，這些品種群如(3)豐錦，(5)臺農62號，(6)臺農67號，(15)臺東29號大部份亦以正的點線圍圈於圖3之Z1座標軸之右側。另一方面，(2)劍葉長，(3)劍葉之角度，(5)吸光係數等性狀之第1主成分大部份爲負值（表4），散佈於圖1 Z1座標軸之左側，具有這些性狀絕對值較大值之品種如(2)高雄選1號，(7)嘉農242號等，其主成分之 Score 爲負值，這些品種亦以負的點線圍圈散佈於 Z1座標軸之左側（圖3 B，D）。

至於秈型品種方面，臺北地區第二期作（圖2 B；圖4 B），上述之性狀〔(6)CGR，(8)LAD，(9)產量及(14)總乾物重〕及具有這些性狀較大值之品種群如(24)臺中秈10號，(26)嘉農秈11號，(27)臺中秈12號分佈狀態，與稉型品種同樣的趨勢。其他大致跟稉型品種呈現相反方向的分佈，即(6)CGR，(8)LAD，(9)產量及(14)總乾物重等分佈於Z1座標軸之左側（圖2 A，C，D），具有這些性狀較大值之品種如(24)臺中秈10號，(26)嘉農秈11號，(28)高雄秈7號，其主成分 Score 爲負，則被負的點線圍繞著散佈於Z1座標軸之左側（圖4， A，C，D）。另外(2)劍葉長，(3)劍葉的角度，(5)吸光係數即分佈於 Z1座標之右側（圖2，A，C，D），而具有這些性狀較大值之品種如(21)新竹矮脚尖，(23)臺中秈2號等，其第1主成分之 Score 正，如此的品種群亦被正的點線圍繞著，散佈於Z1座標軸之右側（圖4，C，D）。

表1a. 第1期作臺北地區水稻品種14個性狀之相關行列

Table 1. a Correlation matrix of fourteen characters of rice varieties cultivated in Taipei in the 1st crop season.

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	(11)	(12)	(13)	(14)
(1)Nitrogen content of leaf blades at heading.		−0.05	−0.04	−0.03	−0.07	−0.05	0.24	−0.17	−0.15	0.21	−0.19	0.14	−0.27	−0.22
(2)Length of flag-leaf at heading.	0.21		0.90**	−0.24	0.70*	0.57	−0.20	−0.61*	−0.64**	−0.56*	0.26	−0.86**	−0.33	−0.64*
(3)Angle of flag-leaf at heading.	0.31	0.73**		−0.05	0.61*	−0.62*	−0.46	−0.64**	−0.69**	−0.40	0.03	−0.93**	−0.18	−0.69**
(4)Leaf area index at heading.	−0.06	0.18	0.14		−0.77*	0.30	−0.42	0.36	0.23	0.65**	−0.49	0.18	0.28	0.27
(5)Light extinction coefficient (K) at heading.	0.20	0.26	0.42	−0.82**		−0.65**	−0.06	−0.64*	−0.58*	−0.79**	0.42	−0.70**	−0.28	−0.58*
(6)Mean CGR (booting stage ～dough-ripe stage)	−0.13	−0.07	−0.26	0.14	−0.31		0.49	0.82**	0.90**	0.50	0.03	0.58*	0.48	0.89**
(7)Mean NAR (booting stage ～dough-ripe stage)	0.02	−0.15**	−0.56**	−0.50	0.17	0.36		0.24	0.36	−0.12	0.50	0.41	−0.38	0.32
(8)Leaf area duration (heading～milk-ripe stage)	−0.39	−0.08	−0.21	0.20	−0.32	0.55*	−0.02		0.96**	0.50	0.12	0.57*	0.44	0.92**
(9)Grain yield g/hill	−0.27	−0.15	−0.30	0.18	−0.36	0.86**	0.28	0.83**		0.47	0.14	0.58*	0.51	0.96**
(10)Panicle number per hill at maturity.	−0.27	−0.02	−0.19	0.89**	−0.91**	0.26	−0.30	0.36	0.34		−0.73**	0.42	0.50	0.40
(11)Number of spikelets per panicle at maturity.	0.22	−0.02	0.07	−0.67**	0.66**	0.17	0.47	0.13	0.25	−0.76**		−0.13	−0.47	0.14
(12)Percentage of ripened grains at maturity.	−0.13	−0.92**	−0.70**	0.08	−0.28	0.01	0.61*	0.06	0.09	0.11	−0.09		0.11	0.59
(13)1000-grain-weight (g) at maturity.	−0.26	0.47	0.24	0.10	−0.06	0.53*	−0.38	0.37	0.43	0.15	−0.11	−0.61*		0.51*
(14)Total dry weight (g) at maturity.	−0.19	−0.11	−0.29	0.24	−0.44	0.89**	0.21	0.70**	0.95**	0.37	0.15	0.02	0.53*	

Note : Correlation coefficient of Japonica varieties are listed above the diagonal line.
Correlation coefficient of Indica varieties are listed below the diagonal line.
*,**Significant at 5% and 1% level, respectively.

表1b. 第2期作臺北地區水稻品種14個性狀之相關行列

Table 1. b Correlation matrix of fourteen characters of rice varieties cultivated in Taipei in the 2nd crop season.

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	(11)	(12)	(13)	(14)
(1)Nitrogen content of leaf blades at heading.		0.06	0.18	−0.21	0.19	−0.06	0.01	0.04	−0.06	0.03	−0.18	−0.09	0.19	0.07
(2)Length of flag-leaf at heading.	−0.07		0.92**	−0.42	0.50	−0.62*	−0.29	−0.41	−0.49	−0.42	0.16	−0.99**	−0.23	−0.51*
(3)Angle of flag-leaf at heading.	−0.11	0.87**		−0.46	0.63*	−0.72**	−0.45	−0.51*	−0.55*	−0.41	0.24	−0.92**	−0.43	−0.58*
(4)Leaf area index at heading.	0.03	0.04	−0.10		−0.77**	0.51*	−0.03	0.56*	0.58*	0.54*	−0.03	0.45	0.34	0.42
(5)Light extinction coefficient (K) at heading.	−0.05	0.35	0.41	−0.73**		−0.82**	−0.45	−0.78**	−0.74**	−0.28	−0.02	−0.52*	−0.62*	−0.64*
(6)Mean CGR (booting stage ~dough-ripe stage)	0.01	−0.03	0.16	0.24	−0.15		0.78**	0.88**	0.89**	0.08	0.22	0.63*	0.67**	0.87**
(7)Mean NAR (booting stage ~dough-ripe stage)	−0.08	−0.08	0.18	−0.22	0.21	0.85**		0.68**	0.63*	−0.26	0.20	0.28	0.68**	0.67**
(8)Leaf area duration (heading~milk-ripe stage)	0.04	−0.15	0.04	0.12	−0.15	0.80**	0.71**		0.93**	0.30	0.12	0.42	0.77**	0.92**
(9)Grain yield g/hill	0.05	−0.29	−0.03	0.13	−0.13	0.81**	0.74**	0.94**		0.19	0.35	0.50	0.65**	0.92**
(10)Panicle number per hill at maturity.	0.06	−0.41	−0.26	0.35	−0.42	0.43	0.20	0.16	0.25		−0.62*	0.39	0.19	0.25
(11)Number of spikelets per panicle at maturity.	0.19	0.44	0.46	−0.18	0.41	0.17	0.32	0.20	0.24	−0.67**		−0.11	−0.25	0.19
(12)Percentage of ripened grains at maturity.	−0.03	−0.90**	−0.89**	0.18	−0.37	0.01	0.01	0.15	0.23	0.32	−0.48		0.20	0.51
(13)1000-grain-weight (g) at maturity.	0.32	−0.32	0.25	−0.13	−0.01	0.23	0.22	0.63*	0.47	−0.19	0.01	−0.11		0.68**
(14)Total dry weight (g) at maturity.	−0.01	−0.14	0.06	0.24	−0.27	0.89**	0.75**	0.95**	0.92**	0.25	0.23	0.10	0.48	

Note : Correlation coefficient of Japonica varieties are listed above the diagonal line.
Correlation coefficient of Indica varieties are listed below the diagonal line.
*,**Significant at 5% and 1% level, respectively.

表2a. 第1期作臺中地區水稻品種14個性狀之相關行列

Table 2. a Correlation matrix of fourteen characters of rice varieties cultivated in Taichung in the 1st crop season.

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	(11)	(12)	(13)	(14)
(1)Nitrogen content of leaf blades at heading.		−0.57*	0.14	−0.18	0.04	−0.10	0.42	−0.19	−0.18	0.45	−0.63*	0.63*	−0.13	−0.21
(2)Length of flag-leaf at heading.	0.01		0.32	−0.05	0.35	−0.10	−0.24	0.09	0.20	−0.31	0.84**	−0.87**	−0.36	0.02
(3)Angle of flag-leaf at heading.	0.40	0.57*		−0.21	0.55**	−0.61*	−0.49	−0.31	−0.26	0.09	0.20	0.01	−0.72	0.42
(4)Leaf area index at heading.	−0.09	−0.28	−0.34		−0.80**	0.61*	−0.12	0.50	0.40	0.40	−0.23	−0.05	0.48	0.41
(5)Light extinction coefficient (K) at heading.	0.36	0.37	0.78**	−0.44		−0.57	−0.02	−0.40	−0.27	−0.31	0.44	−0.04	−0.77**	−0.46
(6)Mean CGR (booting stage ~dough-ripe stage)	−0.36	0.10	0.12	0.42	0.20		0.57*	0.78**	0.76**	0.42	−0.14	0.02	0.45	0.78**
(7)Mean NAR (booting stage ~dough-ripe stage)	−0.06	0.51*	0.58*	−0.27	0.65**	0.65**		0.30	0.37	0.17	−0.08	0.20	0.02	0.28
(8)Leaf area duration (heading~milk-ripe stage)	−0.45	−0.05	−0.21	0.67**	−0.24	0.76**	0.11		0.87**	0.53*	−0.06	−0.12	0.41	0.87**
(9)Grain yield g/hill	−0.10	0.10	0.08	0.66**	−0.03	0.73**	0.23	0.85**		0.42	0.12	−0.25	0.27	0.87**
(10)Panicle number per hill at maturity.	−0.19	0.30	0.09	0.33	−0.26	0.18	−0.16	0.44	0.50		−0.64*	0.42	0.04	0.47
(11)Number of spikelets per panicle at maturity.	0.22	0.37	0.45	−0.14	0.63*	0.32	0.67**	−0.03	0.13	−0.59*		−0.80**	−0.39	−0.10
(12)Percentage of ripened grains at maturity.	0.32	−0.60*	−0.11	0.30	0.04	−0.12	−0.28	−0.03	0.02	−0.20	−0.08		−0.01	−0.12
(13)1000-grain-weight (g) at maturity.	−0.42	−0.72**	−0.82**	0.15	−0.72**	−0.08	−0.52*	0.17	−0.12	0.04	−0.68**	0.08		0.50
(14)Total dry weight (g) at maturity.	−0.43	−0.10	−0.22	0.69**	−0.27	0.77**	0.08	0.97**	0.85**	0.52*	−0.17	−0.05	0.26	

Note: Correlation coefficient of Japonica varieties are listed above the diagonal line.
Correlation coefficient of Indica varieties are listed below the diagonal line.
*,**Significant at 5% and 1% level, respectively.

表2b. 第2期作臺中地區水稻品種14個性狀之相關行列

Table 2. b Correlation matrix of fourteen characters of rice varieties cultivated in Taichung in the 2nd crop season.

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	(11)	(12)	(13)	(14)
(1)Nitrogen content of leaf blades at heading.		−0.36	−0.09	0.13	−0.29	0.28	0.31	−0.14	−0.16	−0.45	−0.13	0.44	0.24	−0.13
(2)Length of flag-leaf at heading.	0.20		0.62*	−0.17	0.61*	−0.75**	−0.67**	−0.53*	−0.44	−0.16	0.68**	−0.68**	−0.77**	−0.34
(3)Angle of flag-leaf at heading.	0.20	0.77**		−0.51*	0.68**	−0.65**	−0.35	−0.69**	−0.65**	−0.64**	0.69**	−0.38	−0.58*	−0.44
(4)Leaf area index at heading.	−0.45	−0.56*	−0.57*		−0.63*	0.44	−0.08	0.51*	0.55*	0.26	−0.06	0.32	0.07	0.16
(5)Light extinction coefficient (K) at heading.	0.42	0.53*	0.75**	−0.77**		−0.63*	−0.29	−0.54*	−0.61*	−0.40	0.37	−0.26	−0.53*	−0.39
(6)Mean CGR (booting stage ~dough-ripe stage)	−0.06	−0.58*	−0.58*	0.60*	−0.39		0.76**	0.75**	0.73**	0.30	−0.32	0.44	0.57*	0.66*
(7)Mean NAR (booting stage ~dough-ripe stage)	0.32	−0.11	−0.01	−0.07	0.33	0.67**		0.31	0.27	0.16	−0.38	0.35	0.35	0.49
(8)Leaf area duration (heading~milk-ripe stage)	−0.47	−0.66*	−0.70**	0.69**	−0.81**	0.57*	−0.14		0.90**	0.54*	−0.31	0.30	0.53*	0.67**
(9)Grain yield g/hill	−0.47	−0.74**	−0.69**	0.73**	−0.75**	0.61*	−0.07	0.97**		0.65**	−0.15	0.13	0.42	0.83**
(10)Panicle number per hill at maturity.	0.08	0.01	0.22	−0.05	0.01	0.10	−0.03	0.31	0.31		−0.45	0.05	0.02	0.66*
(11)Number of spikelets per panicle at maturity.	−0.44	0.01	−0.30	0.26	−0.25	0.05	−0.07	0.19	0.15	−0.69**		−0.66**	−0.43	−0.06
(12)Percentage of ripened grains at maturity.	−0.05	−0.63*	−0.28	0.53*	−0.38	0.28	−0.12	0.31	0.41	0.17	−0.44		0.29	−0.10
(13)1000-grain-weight (g) at maturity.	−0.08	−0.89**	−0.89**	0.49	−0.62*	0.64*	0.16	0.65**	0.67**	0.02	−0.08	0.48		0.26
(14)Total dry weight (g) at maturity.	−0.53*	−0.63*	−0.57	0.75**	−0.73**	0.55*	−0.13	0.96**	0.96**	0.31	0.21	0.35	0.53*	

Note : Correlation coefficient of Japonica varieties are listed above the diagonal line.
Correlation coefficient of Indica varieties are listed below the diagonal line.
*,**Significant at 5% and 1% level, respectively.

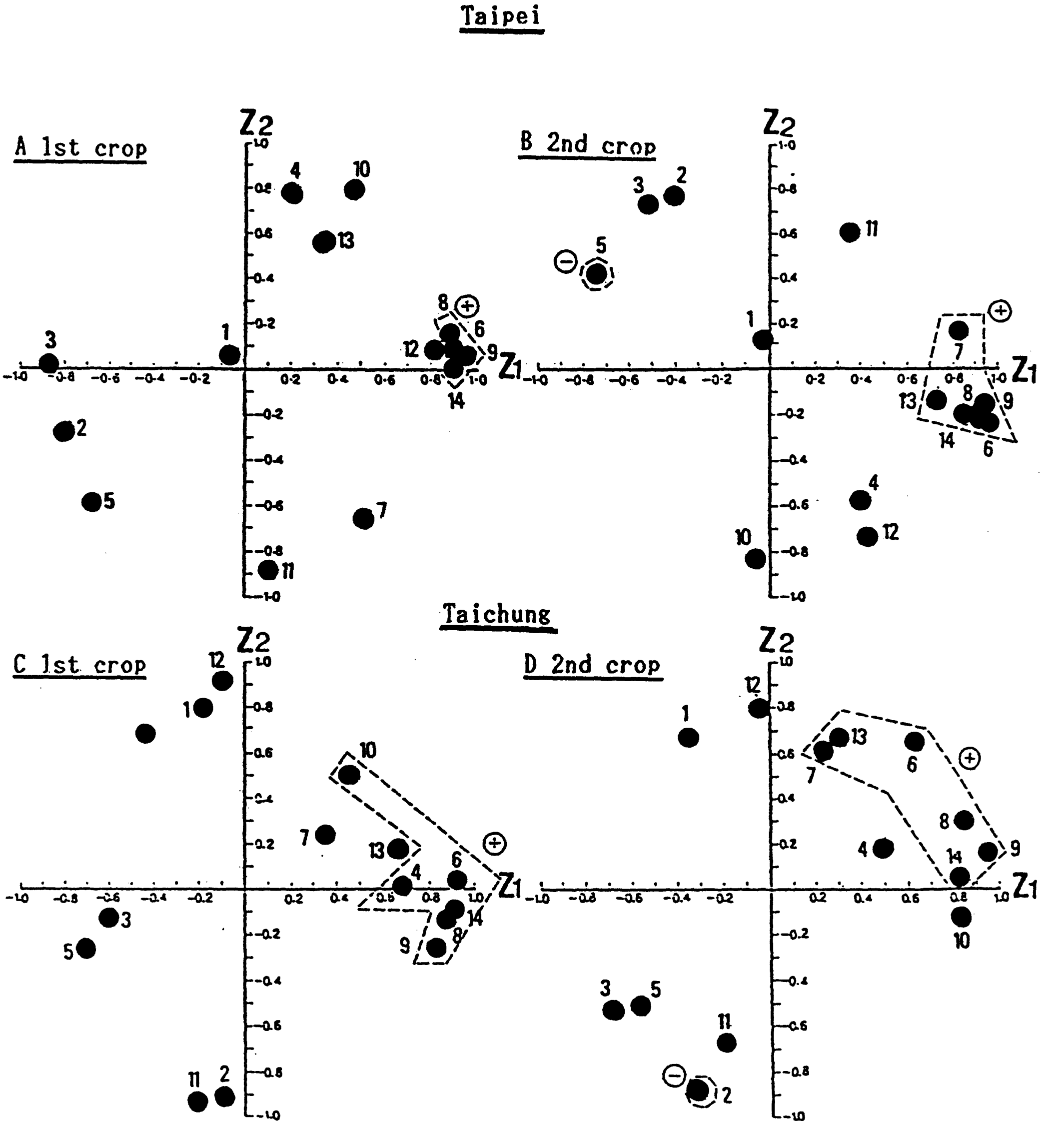

圖1. 稉型品種14個性狀固有 Vector (Z_1, Z_2) 之關係圖。

Fig. 1. Relationship between eigen vectors (Z_1, Z_2) in fourteen charcters of Japonica varieties. Each spot represents one character and the definition is the same as shown in Table 1.

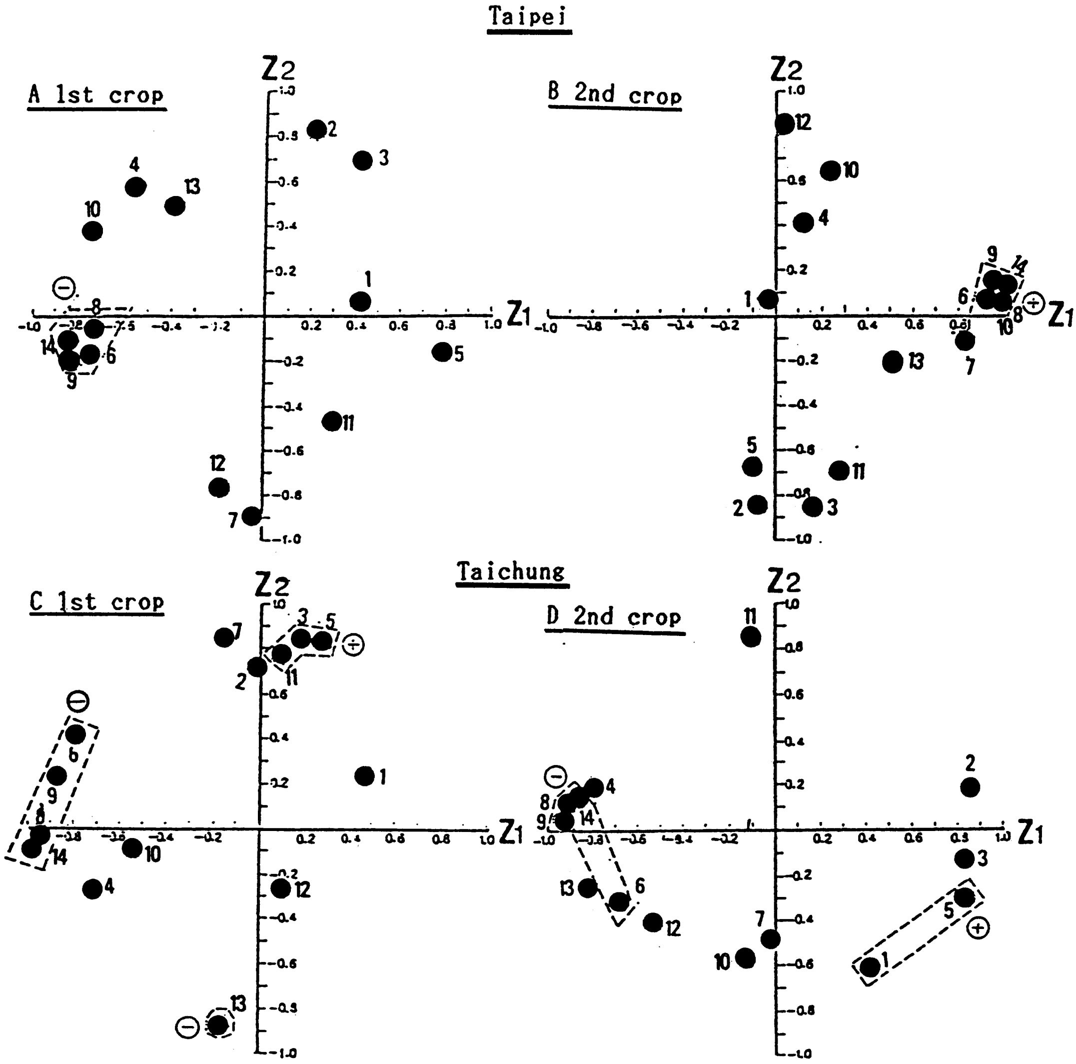

圖2. 秈型品種14個性狀固有 Vector (Z_1, Z_2) 之關係圖。

Fig. 2. Relationship between eigen vectors (Z_1, Z_2) in fourteen charcters of Indica varieties. Each spot represents one character and the definition is the same as shown in Table 1.

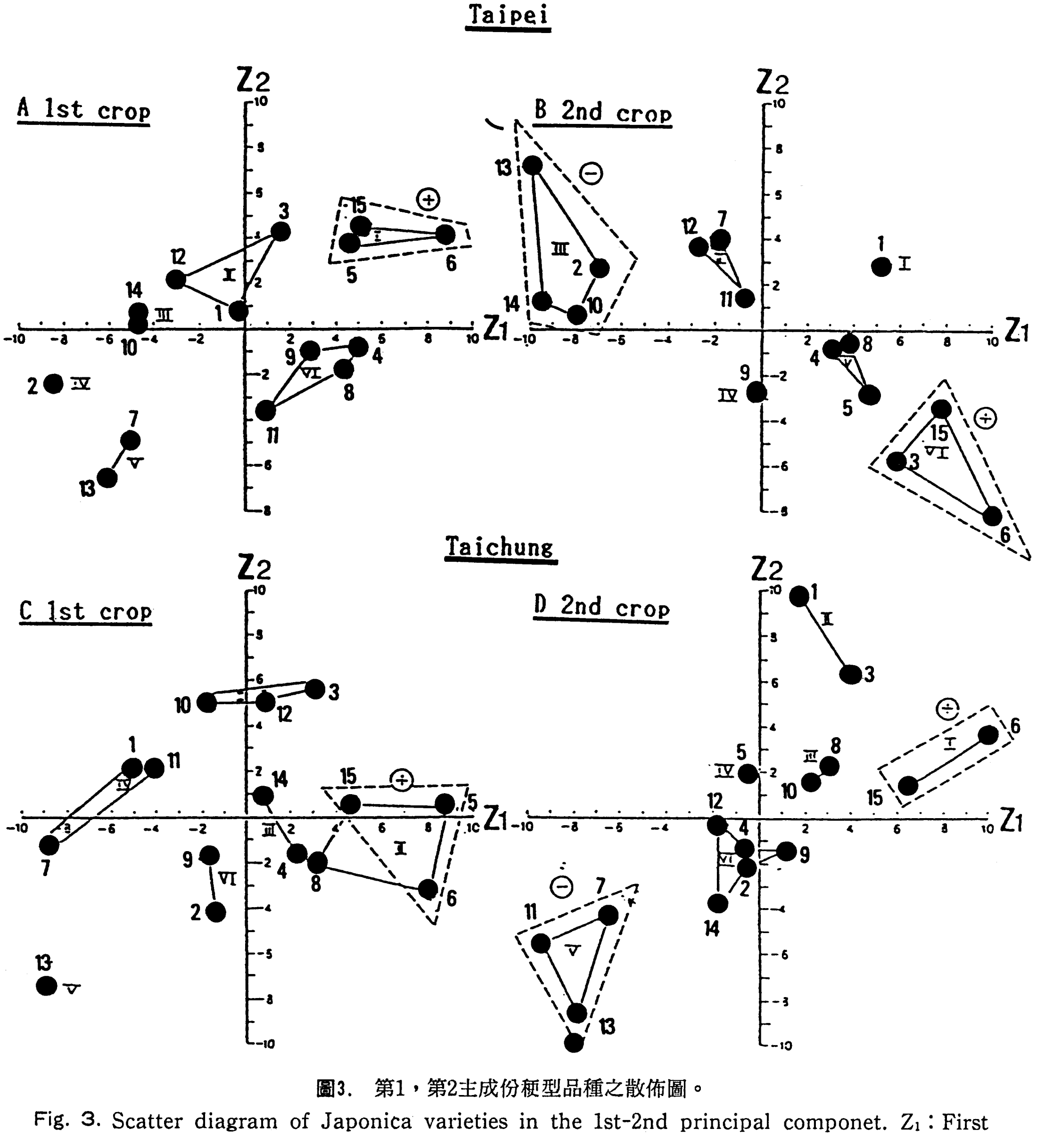

圖3. 第1，第2主成份粳型品種之散佈圖。

Fig. 3. Scatter diagram of Japonica varieties in the 1st-2nd principal componet. Z_1 : First prinicipal component. Z_2 : Second prinicipal component. (1) Taichung 186, (2) Kaohsiung Sel 1, (3) Toyonishiki, (4) Taipei 309, (5) Tainung 62, (6) Tainung 67, (7) Chianung 242, (8) Tainan 5, (9) Tainan 6, (10) Kaohsiung 139, (11) Hsinchu 56, (12) Taichung 65, (13) Chianan 8, (14) Kaohsiung 140, (15) Taitung 29,

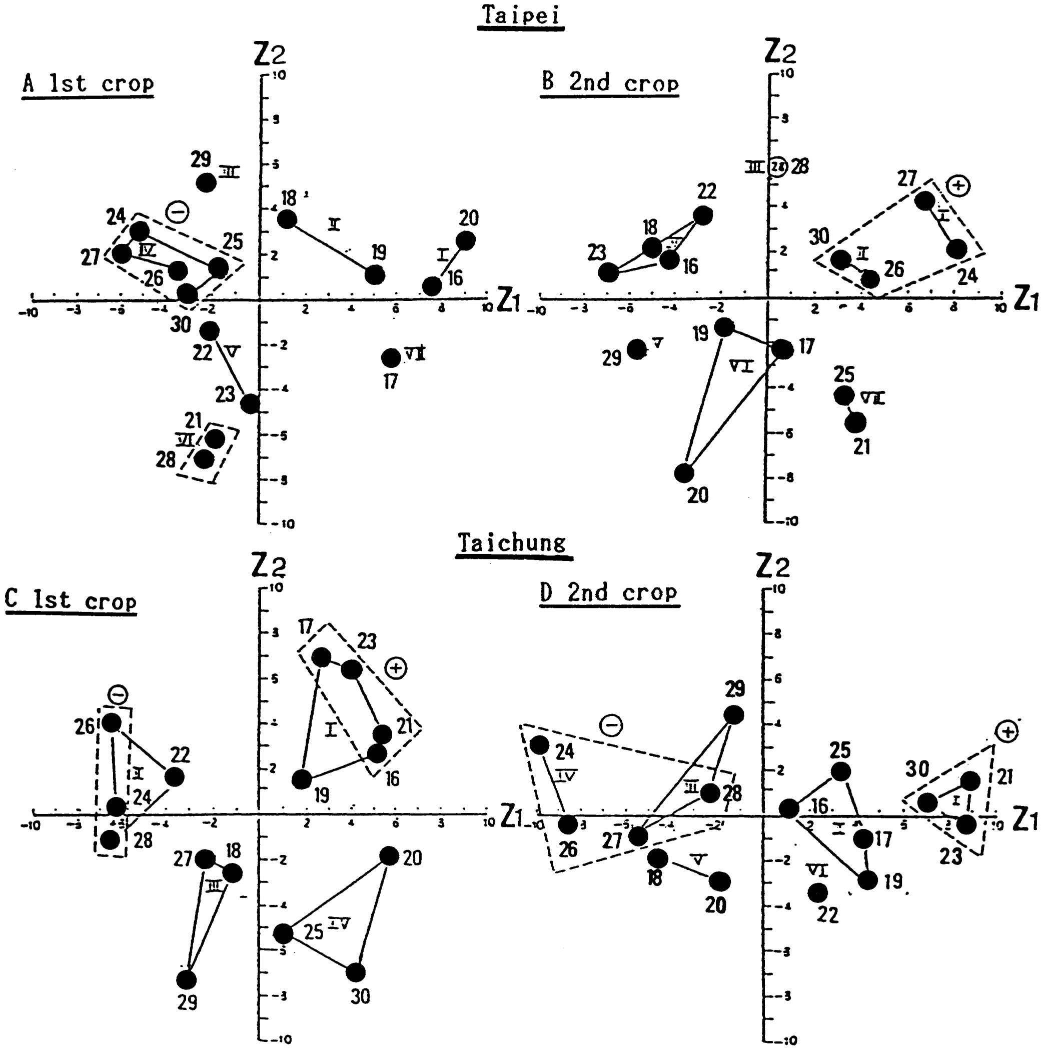

圖4. 第1，第2主成份秈型品種之散佈圖。

Fig. 4. Scatter diagram of Indica varieties in the 1st-2nd principal componet. (16) Pao-yeh-tzu, (17) Ai-chio-nan-te, (18) Chia-yeh-ching 8, (19) Chen-tzu-aill, (20) Nan-tsao. 32, (21) Hsinchu-ai-chuch-chien, (22) Taichung native 1, (23) Taichung-sen 2, (24) Taichung sen 10, (25) Chinung sen 8,
(26) Chianung sen 11, (27) Tainung sen 12, (28) Kaohsiung sen 7, (29) Taichung sen 3, (30) Chianung sen 6.

表3. 主成份分析之固有值 (λK)

Table 3. Eigen value (λK) obtained from principal component analysis.

A. Japonica type, Taipei, 1st crop season

Principal component	X_1	X_2	X_3	X_4
λk	6.895	2.820	1.733	0.957
$(\sum_{\ell=1}^{k} \lambda\ell)/p$ (%)	49.25	69.39	81.77	88.60

B. Indica type, Taipei, 1st crop season.

Principal component	X_1	X_2	X_3	X_4
λk	4.694	3.626	2.958	1.096
$(\sum_{\ell=1}^{k} \lambda\ell)/p$ (%)	33.53	59.43	80.56	88.39

C. Japonica type, Taichung, 1st crop season.

Principal component	X_1	X_2	X_3	X_4
λk	5.365	3.580	1.875	1.521
$(\sum_{\ell=1}^{k} \lambda\ell)/p$ (%)	38.32	63.89	77.29	88.15

D. Indica type, Taichung, 1st crop season.

Principal component	X_1	X_2	X_3	X_4
λk	4.793	4.110	1.822	1.484
$(\sum_{\ell=1}^{k} \lambda\ell)/p$ (%)	34.24	63.59	76.60	87.20

E. Japonica type, Taipei, 2nd crop season.

Principal component	X_1	X_2	X_3	X_4
λk	7.224	2.374	1.513	1.274
$(\sum_{\ell=1}^{k} \lambda\ell)/p$ (%)	51.60	68.56	79.37	88.47

F. Indica type, Taipei, 2nd crop season.

Principal component	X_1	X_2	X_3	X_4
λk	4.799	3.760	1.687	1.370
$(\sum_{\ell=1}^{k} \lambda\ell)/p$ (%)	34.27	61.13	73.19	82.97

G. Japonica type, Taichung, 2nd crop season.

Principal component	X_1	X_2	X_3	X_4
λk	6.574	2.530	1.403	1.303
$(\sum_{\ell=1}^{k} \lambda\ell)/p$ (%)	46.96	65.03	75.05	84.36

H. Indica type, Taichung, 2nd crop season.

Principal component	X_1	X_2	X_3	X_4
λk	6.941	2.226	1.835	1.236
$(\sum_{\ell=1}^{k} \lambda\ell)/p$ (%)	49.58	65.48	78.59	87.41

注： $(\sum_{\ell=1}^{k} \lambda\ell)/p$，各固有值全變動之累積寄與率，p爲性狀之號碼。

表4. 各性狀之主成份及累計寄與率（第1～4主成份）

Table 4. Principal component and cumulative contrbution of character to the first four priccipal components.

A. Japonica type, Taipei, 1st crop season

Character	Principal Component				Cumulative contribution
	X_1	X_2	X_3	X_4	
(1)Nitrogen content of leaf blades at heading.	−0.152	0.229	−0.809	−0.057	0.733
(2)Length of flag-leaf at heading.	−0.324	−0.262	−0.055	0.864	0.923
(3)Angle of flag-leaf at heading.	−0.412	−0.006	0.051	0.895	0.973
(4)Leaf area index at heading.	0.293	0.840	−0.040	0.107	0.805
(5)Light extinction coefficient (K) at heading.	−0.482	−0.653	0.143	0.449	0.881
(6)Mean CGR (booting stage～dough-ripe stage)	0.881	0.146	−0.020	−0.318	0.898
(7)Mean NAR (booting stage～dough-ripe stage)	0.412	−0.539	−0.549	−0.330	0.870
(8)Leaf area duration (heading～milk-ripe stage)	0.886	0.157	0.134	−0.299	0.917
(9)Grain yield g/hill	0.903	0.070	0.143	−0.359	0.969
(10)Panicle number per hill at maturity.	0.304	0.832	−0.058	−0.311	0.885
(11)Number of spikelets per panicle at maturity.	0.335	−0.856**	−0.124	0.210	0.904
(12)Percentage of ripened grains at maturity.	0.330	0.109	−0.108	−0.888**	0.921
(13)1000-grain-weight (g) at maturity.	0.347	0.459	0.654	−0.082	0.765
(14)Total dry weight (g) at maturity.	0.885**	0.062	0.200	−0.365	0.960

B. Japonica type, Taichung, 1st crop swason.

Character	Principal Component				Cumulative contribution
	X_1	X_2	X_3	X_4	
(1)Nitrogen content of leaf blades at heading.	−0.059	0.822	−0.245	−0.218	0.787
(2)Length of flag-leaf at heading.	0.143	−0.851	−0.376	0.145	0.907
(3)Angle of flag-leaf at heading.	−0.160	0.017	−0.806	0.515	0.941
(4)Leaf area index at heading.	0.519	0.043	0.508	0.509	0.788
(5)Light sxtinction coefficient (K) at heading.	−0.341	−0.188	−0.811	−0.268	0.881
(6)Mean CGR (booting stage～dough-ripe stage)	0.800	0.037	0.427	−0.266	0.895
(7)Mean NAR (booting stage～dough-ripe stage)	0.358	0.236	0.011	−0.854	0.914
(8)Leaf area duration (heading～milk-ripe stage)	0.923	−0.064	0.193	−0.023	0.893
(9)Grain yield g/hill	0.924	−0.186	0.066	−0.143	0.914
(10)Panicle number per hill at maturity.	0.666	0.622	−0.139	0.255	0.916
(11)Number of spikelets per panicle at maturity.	−0.055	−0.914	−0.306	−0.142	0.952
(12)Percentage of ripened grains at maturity.	−0.106	0.910	−0.004	−0.075	0.846
(13)1000-grain-weight(g)at maturity.	0.199	0.067	0.905	0.028	0.863
(14)Total dry weight (g) at maturity.	0.864	−0.067	0.299	−0.076	0.845

C. Japonica type, Taipei, 2nd crop swason.

Character	Principal Component				Cumulative contribution
	X_1	X_2	X_3	X_4	
(1)Nitrogen content of leaf blades at heading.	0.080	0.129	−0.093	−0.752	0.597
(2)Length of flag-leaf at heading.	−0.242	0.940	0.164	−0.062	0.974
(3)Angle of flag-leaf at heading.	−0.390	0.869	0.192	−0.058	0.948
(4)Leaf area index at heading.	0.507	−0.158	−0.544	0.559	0.891
(5)Light extinction coefficient (K) at heading.	−0.766	0.279	0.238	−0.328	0.829
(6)Mean CGR (booting stage~dough-ripe stage)	0.857	−0.459	0.128	0.098	0.971
(7)Mean NAR (booting stage~dough-ripe stage)	0.721	−0.265	0.446	−0.277	0.866
(8)Leaf area duration (heading~milk-ripe stage)	0.959	−0.167	−0.105	0.034	0.959
(9)Grain yield g/hill	0.902	−0.256	0.051	0.211	0.926
(10)Panicle number per hill at maturity.	0.114	−0.254	−0.886	0.049	0.864
(11)Number of spikelets per panicle at maturity.	0.198	0.171	0.760	0.469	0.866
(12)Percentage of ripened grains at maturity.	0.246	−0.935	−0.141	0.125	0.971
(13)1000-grain-weight (g) at maturity.	0.839	−0.040	−0.200	−0.347	0.867
(14)Total dry weight (g) at maturity.	0.871	−0.316	0.024	−0.028	0.859

D. Japonica type, Taichung, 2nd crop swason.

Character	Principal Component				Cumulative contribution
	X_1	X_2	X_3	X_4	
(1)Nitrogen content of leaf blades at heading.	0.226	0.224	−0.139	−0.805**	0.769
(2)Length of flag-leaf at heading.	−0.642	−0.672	0.204	0.143	0.925
(3)Angle of flag-leaf at heading.	−0.325	−0.594	0.543	−0.326	0.859
(4)Leaf area index at heading.	−0.094	0.070	−0.953	−0.037	0.923
(5)Light extinction coefficient (K) at heading.	−0.344	−0.309	0.720	0.010	0.732
(6)Mean CGR (booting stage~dough-ripe stage)	0.811	0.234	−0.470	−0.029	0.935
(7)Mean NAR (booting stage~dough-ripe stage)	0.839	0.292	0.134	−0.089	0.816
(8)Leaf area duration (heading~milk-ripe stage)	0.514	0.186	−0.614	0.375	0.817
(9)Grain yield g/hill	0.543	−0.006	−0.671	0.445	0.944
(10)Panicle number per hill at maturity.	0.176	0.220	−0.294	0.859	0.904
(11)Number of spikelets per panicle at maturity.	−0.124	−0.962	0.015	−0.206	0.984
(12)Percentage of ripened grains at maturity.	0.116	0.754	−0.222	−0.331	0.740
(13)1000-grain-weight (g) at maturity.	0.552	0.432	−0.217	−0.112	0.551
(14)Total dry weight (g) at maturity.	0.752	−0.169	−0.272	0.494	0.911

由以上所述知，第1主成分主要關於產量之大小，乾物質生產性狀（CGR，LAD，總乾物重等），並且與葉片構造（葉片角度，葉片長度）有關之吸光係數，亦有密切關係。這主成分之貢獻分佈範圍最大（表3），兩型品種之特性變異中，具有最重要之變異。

第2主成分，由表4知，具有絕對值較大之性狀，大部份是劍葉長，劍葉的角度及結實率，前兩者及後者符號相異。由此可知，第2主成分表示劍葉長或劍葉角度及結實率的大小。即劍葉較長及劍葉角度較大者，其結實率較低，反之結實率較高。

第3主成分，大部份之1株穗數及1穗穎花數具有較大之絕對值（表4）。因此這主成分主要與1株穗數、1穗穎花數等產量構成要素有關，兩者（1株穗數，1穗穎花數）互有異符號，則1株穗數較少者，其1穗穎花數較多，反之1株穗數較多者，1穗穎花數則較少。

第4主成分，由表4知，具有較大絕對值之性狀，主要是葉片之氮素含有率，因此這主成分與葉片氮素有關。

由以上各主成分之生物學意義，可歸納如下：

第 1 主成分：有關同化 (assimilation) 及轉流 (translocation) 之乾物質生產效率之主成分。

第 2 主成分：關於葉片構造（劍葉長，劍葉角度）之受光態勢，及結實率大小之主成分。

第 3 主成分：有關1株穗數及1穗穎花數之產量構成要素多少之主成分。

第 4 主成分：這主成分與葉片之氮素濃度有關，但目前生物學上意義之解釋仍很困難。

以上述之結果進行供試品種之分類，圖3及圖4之主成分 Score 品種分佈圖，其分類方法，即性狀較類似，並且在圖上之分佈位置亦較爲接近的品種，以實線連結成品種群。已提及用點線圍圈之品種群，具有同符號點線圍圈之性狀（圖1及圖2）之較大值。

由以上之品種分類法知，粳型品種，不論地區或期作，供試之15個品種分爲6個品種群（圖3），高產品種如(6)臺農67號，(8)臺南5號及(15)臺東29號分佈於圖3之第1與第4象限，大部份屬於同品種群，這些品種具有較高的 CGR，LAD扱總乾物重。其他區域性及期作性高產之品種如(3)豐錦（臺北，第二期作），亦被正的點線圍圈（圖3 B）。另一方面低產品種如(7)嘉農242號，(13)嘉南8號分佈於 Z1座標軸之左側，即高產品之相反方向，大部分屬於第3象限。這些品種之總乾物重，LAD 及CGR 等狀較小，但劍葉較長，劍葉角度及吸光係數較大爲其特徵。

至於秈型品種，圖4所示，其品種群之區分，比粳型品種複雜，臺北地區供試之15品種分成 7 個品種群，而臺中地區第一，第二期作分別爲4及6個品種群，似乎因期作或地區之不同，品種群之類別亦有變異。不論地區或期作高產品種(24)臺中秈10號及(26)嘉農秈11號，臺北地區之第二期作散佈於第1象限，其他則分佈於第2或第3象限，並且這些品種皆屬於第II及第IV品種群，亦在點線的範圍內。另外期作性之高產品種第一及第二期作分別爲(28)高雄秈7號與(27)臺農秈12號，同樣於點線的圍圈內，與粳型品種一樣具有較高的 CGR ，LAD及總乾物重。低產品種方面，臺北地區之 (19) 珍珠矮11號，(20)南早32號及臺中地區之(21)新竹矮脚尖，（23）臺中秈 2 號，與上述之高產品種分佈於 Z1座標軸之相反方向，而劍葉長、劍葉角度及吸光係數亦傾向於較大之特徵。

討　論

通常產量構成要素與產量具有密切之關係。又由表1及表2知，CGR，LAI，LAD及總乾物重等乾物質生產性狀，以及其他葉片構造之劍葉長，劍葉角度，與此兩性狀息息相關之群落吸光係數（K）與產量皆亦具有密切之關連。如謝[8]指出水稻在第一、二期作之抽穗期LAI與產量皆呈現顯著性之正相關。IRRI [21]的報告也認爲水稻自開花至收穫期有充分的葉面積指數可提高乾物重。又據武田[15]的模擬（Simulation）試驗報告，穀類作物於穀粒充實期LAD 之增大，有助於光合成能力之增加，及穀粒生產提昇。至於劍葉長愈短、劍葉角度愈小，葉片趨於直立構造，當會降低群落內之吸光係數

[10]，提高光之有效利用，以增加產量潛能[20]。因此採取之對於產量性狀之影響頗大的十四個性狀，則以這些性狀用於主成分分析及品種分類之依據，作爲探討高產育種之親本選擇頗爲適當。

當今稻米雖生產過剩，但提高單位面積稻穀產量仍屬重要，因如此可空出更多的耕地轉作其他作物之用，則能配合稻田轉作之農業政策。而水稻增產對策，品種改良爲其有效之措施，爲使今後高產品種之育成能更有效率地進行，故有必要把產量、產量構成要素及乾物質生產等生理性狀進行綜合檢討，以便了解高產品種之特徵，作爲育種之選拔指標。本研究應用主成分分析，把品種有關之性狀，在統計上作較明確之歸納，同時進行品種分析，以從中選拔優良之育種材料，將可爲品種改良之需。

由主成分分析結果（表4）得知，第 1 主成分主要與供源（Source）及積儲（Sink）有關，即同化與轉流有密切關連。此與望月等[16]試驗報告，玉米之主成分分析之第2主成分相類似。木村等[13]以第1主成分明確地區分秈稉型及義大利品種生理特性之差異。由本研究之結果知，供試之秈稉型各15個品種，以第1、第2主成分之 Score 散佈圖所示（圖3及圖4），顯示產量、產量構成要素、乾物質生產及葉片構造（劍葉角度、劍葉長度）等性狀之品種間差異。不論期作、或地區高產之品種，稉型(6)臺農67號、(15)臺東29號，秈型(24)臺中秈10號(26)嘉農秈11號等皆分佈於點線內，而除非秈稻臺北地區第二期作之外，其他皆屬同品種群。或許因以往之育種方法，採用第1、第2期作連續選拔又著重於適應性較廣大之品種所致。這些品種可當爲高產品種育成之雜交親本材料，例如以(6)臺67號及(24)臺中秈10號爲親本，作雜交育成高產又良質之新品種分別爲臺農70號(1)及臺秈1號(4)。

另外表4所示，(6)CGR，(8)LAD及(14)總乾物重之第一主成分絕對值較高，上述之高產品種亦具有這些性狀之較大值[12]，同時亦與產量呈現顯著之正相關（表1a，表1b），於圖1、圖2之分佈皆集中於點線之範圍內，可當爲高產品種育成之選拔指標。

筆者曾經以秈稉型水稻各一品種分別爲嘉農秈11號及臺農67號，連續六年栽植於臺北與臺中地區進行試驗，檢討氣象因子對於產量及產量構成要素之影響，其試驗結果[11]與本報告之產量性狀大致符合。而乾物質生產性狀之資料，仍爲一年之試驗結果，再經一期作進行水稻乾物質生產性狀之試驗結果[10]，與本報告大致符合。

引用文獻

1. 臺灣稻作品種圖誌・1987・行政院農業委員會・臺灣省政府農林廳亞太糧食肥料技術中心編印・224—225。
2. 李水龍、湯文通・1963・臺灣水稻第二期作單位面積產量不如第一期作之原因及其改進方法・科學農業11（1，2）：9—33。
3. 邱再發、連深、徐水泉・1960・臺灣水稻之養份吸收之影響・農業研究9(4)：1—15。
4. 林再發・1980・臺秈1號之育成・臺中區農業改良場研究彙報21：3—13。
5. 連深、吳育郎、陳火塗・1969・屏東地區第一、二期作水稻之生態與收量之關係・農業研究18(1)：1—16。
6. 鄔宏潘、廖雲英、錢美華、林燦隆、陳一心、王銀波、蔡國海、吳萊貴、張萬來、林富雄、吳育郎・1975・第二期稻作低產原因之探討・科學發展月刊3(10)：5—39。
7. 賴光隆・1979・水稻根群形成的特行性與活力之診斷・載於臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集1-84・行政院國家科學委員會研討會專集第二號・行政院國家科學委員會・臺北。
8. 謝昱暐・1978・硝酸態氮及氨態氮對水稻群落光合作用構成因子與產量構成因素的影響・科學發展月刊 VI (9)：828—841。
9. 謝昱暐・1979・一、二期作水稻之生長與光合作用構成因子・載於臺灣二期作低產原因及其解決方法研討會專集91-100・行政院國家科學委員會研討會專集第二號・行政院國家科學委員會・臺北。
10. 蔡金川・1985・水稻生長分析及吸光係數之研究・中華農業研究34 (3)：258-265。
11. 蔡金川・1989・氣象因子對水稻期作性與地區性產量差異之影響・載於「臺灣地區農業資源應用研討會」專輯241-254・交通部中央氣象局・臺北。

12. 蔡金川・1990・水稻產量及乾物質生產性狀之品種間差異（未發表）。

13. 木村建治、藤卷宏・1982・イタリアから導入した稻品種の特性解析・日作紀51 (5)：136—137。

14. 西村實、山内富士雄、大内邦夫、浜村邦夫・1985・北海道の最近の水稻品種及び系統の食味特性の評價・北海道農試研報144・77—89。

15. 武田元吉・1978・麥類の光合成と物質再生產システム・第II報麥類の乾物生長のシミュレーショソ・農技研報告D29：67—112。

16. 望月昇・1967・主成分分析によるトウモロコシの品種分類と育種材料探索に關する研究・農技研報告D19：85—149。

17. 望月昇、奥野忠一・1967・主要分分析によるトウモロコシ四國在來種の品種分類と育種材料の探索・育種學雜誌17 (4)：183—291・

18. Anderson, T. W. 1957. An introduction to multivariate statistical analysis. John Wiley & Sons, Inc., New York.

19. Bailey, Donald W. 1956. A comparison of genetic and environmental principal components of morphogenesis in mice. Growth 20 : 63-74.

20. Grist, D. H. 1983. Rice. Longman, London. p. 67.

21. International Rice Research Institute 1970. Annual Report, pp. 30-140. Los Banos, Philippines.

22. Jolicoeur, P. and Mosimann, J. E. 1960. Size and shape variation in the painted turtle. A principal component analysis. Growth 24 : 339—354.

23. Masuda, T. 1966. Application of principal component analysis and factor analysis to the measurements of human body. Rep. Stat. Appl. Res. 12 : 178—196.

24. Monsi, M. und Saeki. T. 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzen Gesellschabten und seine Bedentung für die Stoffproducktion. Jap. J. Bot., 14 : 22—52.

25. Morishima, H., H. I. Oka and T.T. Chang 1967a. Analysis of genetic variations in plant type of rice. I. Estimation of indices showing genetic plant types and their corrslations with yielding capacity in a segregating population. Japan. J. Breed. 17 : 73—84.

26. Seal, H. L. 1964. Multivariate statistical analysis for Biologist. Methuen and Co. Ltd. London. 207p.

27. Sivakumar M. V. K. and R. H. Shaw 1978. Methods of Growth Analysis in Field Grown Soybean. (Glycine Max (L.) Merrill) Ann. Bot. 42, 213—222.

28. Smith. C. and King, J. W. B. 1962. Genetic parameters of British Large White Bacon pig. Animal Produc. 4 : 128—143.

29. Watson, D. J. 1952. The Physiological Basis of Variation in Yield. Adv. Agron. 4 : 101.

Principal Component Analysis and Variety Classification in Relation to Regional and Seasonal Differences in Grain Yield and Physiolgical Characteristics in Rice.[1]

Jin-Chuan Tsai[2]

Summary

Fifteen varieties each of Japonica and Indica rice were cultivated in Taipei and Taichung Areas for principal component analysis of 14 characters including yield , yield components and related physiological characters. Biological meanings of the extracted principal components and the classification of varieties based on principal component axes were discussed in relation to plant breeding.

The biological meaning of the first principal component appeared to correspond to the efficiencies of dry matter production and translocation in rice plant. Eigen values of the first principal component were over 33% which contributed significantly to the variation of all 14 characters studied.

In the case of the second princpal component, the characters concerned were the angle and length of flag leaf and the percentage of ripened grain. The biological meaning of the second principal component appeared to correspond to the geometric strusture of leaves. This vertical character determined the degree of light penetration and the efficiency of utilizing light energy for dry matter production by the plant, and was therefore important in determining grain yield.

The third principal component was related to panicle number per plant and spikelet number per panicle. The two characters were inversely correlated to each other, and two categories of rice varieties were thus classified.

The fourth principal component corresponded to nitrogen concentration in the leaf blade. However, its biological meaning to grain yield was difficult to be explained.

Classification of rice varieties was made based on the performances of the first and second principal components of characters including grain yield, yield components, and related physiological characters. Six groups of Japonica varieties were thus obtained regardless of location and crop seasons. For Indica varieties, seven groups were classified in both crop seasons in Taipei, while four and six groups were obtained in Taichung in the first and secnod crop seasons, respectively. The results suggested that significant variation in group distribution among rice varieties due to location, crop season and rice type.

Furthermore, the results showed that varieties Tainung 67, Taitung 29, Taichung Sen 10 and Chianung Sen 11 were high-yielding varieties possessed higher CGR, LAD and total dry weight.

Key Words : assimilation, translocation, leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD), crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR) .

---

1. Contribution No. 1586 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Associate researcher TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan 41301, Republic of China.